

AVALIAÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS – ANÁLISE DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS

LEONARDO MATTHIS FISCHER¹; LISANE BRISOLARA¹; JULIO MATTOS¹

¹Universidade Federal de Pelotas – {lmfischer, lisane, julius}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Smartphones e *tablets* modernos executam sistemas operacionais completos e permitem a execução de aplicativos complexos, fazendo uso de um grande número de recursos como câmeras, GPS, acelerômetros, *bluetooth*, e apresentam capacidade de processamento cada vez maiores.

Apesar disso, a alimentação desses dispositivos é feita através de baterias, que apresentam vida útil limitada, cuja evolução não tem acompanhado a crescente evolução computacional dos dispositivos móveis. Assim, este desequilíbrio existente entre a quantidade de recursos e a capacidade das baterias, torna a gestão energética eficiente uma questão central no desenvolvimento de novas soluções, uma vez que implica diretamente sobre a mobilidade e a experiência do usuário (SHEARER, 2008).

Para propor ações que visam eficiência energética, é necessário conhecer o sistema, identificando seus gargalos, ou seja, as principais fontes de consumo de energia no sistema. Além disso, são necessárias ferramentas que permitam avaliar o impacto das alterações realizadas, de forma a obter a solução mais eficiente em termos energéticos.

Muitos pesquisadores têm trabalhado em ferramentas ou técnicas que permitam a medição ou estimativa de consumo de um sistema. Definir métodos para geração de modelos de potência, atingir bons níveis de granularidade, obter e avaliar dados da utilização de aplicativos e componentes de hardware, medir e associar o consumo de energia dos componentes ao programa responsável são alguns desafios enfrentados nessa área.

A precisão de uma ferramenta para estimativa de consumo energético depende da precisão do modelo de potência adotado. Um modelo de potência é uma representação dos componentes do sistema e de seus coeficientes de consumo. Estes modelos normalmente são representados através de um método matemático como regressão linear ou ainda através de Máquinas de Estados Finitos (FSM, do inglês *Finite State Machine*). Existem também modelos não lineares, contudo, estes não consideram a interdependência dos componentes, tornando-se imprecisos, e por esse motivo, pouco usados (MCCULLOUGH, 2011).

A geração de modelos de potência é uma tarefa que se torna mais complexa frente a grande diversidade de plataformas existentes. Cada plataforma possui suas particularidades, o que exige a geração de modelos específicos para cada uma delas. Assim, processos manuais, através de instrumentos de medição, ainda que muito precisos, se tornaram pouco práticos, utilizados somente quando existe a necessidade de extrema precisão. Como alternativa, têm sido desenvolvidas e pesquisadas técnicas para geração de modelos *online*, ou seja, utilizando recursos que o próprio sistema pode oferecer, como sensores de tensão, de corrente e de temperatura, informações de status da bateria, entre outros (YOON, et. Al., 2012).

Esse trabalho tem por objetivo analisar e discutir algumas abordagens que têm sido propostos para estimativa de consumo energético em dispositivos

móveis. Para isso, a seção 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos trabalhos que representam o estado da arte na área, e a seção 3 apresenta uma discussão, apontando as principais limitações de cada uma delas.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica com base em artigos publicados na área, e que representam o estado da arte nesse tema. Esta revisão foca principalmente em abordagens baseadas na plataforma Android (GOOGLE, 2013), visto que esta tem se destacado neste mercado.

O trabalho de ZHANG et. al. (2010) traz uma abordagem para geração de modelos de potência através do conhecimento da curva de descarga da bateria. Esse método, chamado PowerBooter, obtêm a curva de descarga da bateria para cada componente individualmente, permitindo que o consumo de potência de cada componente seja calculado através de um método de treino, o qual varia o modo de operação do componente em determinados intervalos de tempo, realizando medições no início e no final desses intervalos. Essa metodologia, quando comparada a um modelo gerado manualmente, apresenta um erro de aproximadamente 4,1% de acordo com os autores.

Dentre as ferramentas para avaliação do consumo, encontra-se o PowerTutor, que é uma ferramenta para Android, também proposta por ZHANG et. Al. (2010), a qual gera estimativas de consumo de energia, utilizando tanto modelos gerados pelo PowerBooter, quanto modelos manuais. As estatísticas de utilização de componentes e aplicativos sendo executados são fornecidas pelo *BatteryStats* do Android, e em ferramentas como *procs/sysfs*, disponíveis no kernel do Linux.

Em YOON et. Al. (2012) é apresentada a AppScope, uma ferramenta para estimativa de consumo energético para Android. Essa ferramenta utiliza modelos de potência gerados através da DevScope (JUNG, et. Al., 2012), que é uma ferramenta para criação de modelos de potência análoga ao PowerBooter (ZHANG et. Al., 2010). Na AppScope, as atividades do núcleo do sistema operacional são monitoradas, de forma que os processos que fazem acesso aos componentes de hardware são detectados. O uso de componente é contabilizado, e então é aplicado no modelo de potência gerado pelo DevScope. O resultado dessa operação é a estimativa do consumo de energia para cada aplicação executada pelo sistema operacional. O erro da ferramenta é de 5,2% quando comparada a medição realizada através da ferramenta Monsoon (MONSOON SOLUTIONS, 2013).

Na abordagem de PATHAK et. Al. (2012), é apresentada Eprof, uma ferramenta para Android que gera estimativas de consumo de energia baseada em um modelo proposto em PATHAK et. Al. (2011). Essa ferramenta se preocupa em avaliar o comportamento assíncrono dos componentes do sistema, através de modelos representados por Máquinas de Estados Finitos, cujo estado é determinado pelo monitoramento a chamadas de sistema. A abordagem apresenta bom nível de granularidade pois utiliza instrumentação de código para gerar os *traces*, que aplicados ao modelo geram a estimativa de consumo.

SeSaMe é o nome da técnica desenvolvida por DONG & ZHONG (2011), a qual tem por objetivo gerar estimativas de consumo energético através de altas taxas de amostragem. Para garantir altas taxas de atualização das amostras de consumo, é utilizada uma etapa de predição baseada em uma heurística. O aumento da taxa de amostragem, de acordo com os autores, garante que eventos

significativos não sejam perdidos em função da baixa frequência de atualização das interfaces que fornecem as informações da bateria. O estudo de caso que demonstra a funcionalidade da ferramenta foi desenvolvido sobre o sistema operacional Android.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de descarga da bateria sofre influência de fatores externos, como a temperatura, além do desgaste que a bateria pode sofrer alterando sua capacidade de carga original. Com isso, a proposta de ZHANG et. Al. (2010) pode ter sua precisão diminuída. A proposta de YOON et. Al. (2012) também faz uso de informações da bateria, porém não utiliza uma curva de descarga para geração do modelo de potência. Na proposta de DONG & ZHONG (2011), existe uma grande preocupação com a taxa de atualização das interfaces de bateria, porém conforme PATHAK et. Al. (2011), a etapa de predição introduz uma elevada taxa de erros nas amostras, tornando o modelo impreciso. Em PATHAK et. Al. (2012), a preocupação é em modelar o comportamento assíncrono dos componentes através do monitoramento de chamadas de sistema.

As abordagens apresentadas fazem uma modelagem baseada em utilização, ou seja, a estimativa de consumo é baseada na carga de trabalho dos componentes. O PowerTutor busca essa informação em recursos disponíveis no próprio sistema operacional, diferente das abordagens das ferramentas AppScope e Eprof, que utilizam o monitoramento de chamadas de sistema e instrumentação de código para essa tarefa. As estatísticas obtidas através de recursos do sistema operacional, embora um pouco defasadas em relação ao que está sendo processado no momento, podem ser obtidas sem a necessidade de permissões especiais ou alterações no sistema. Já o monitoramento a chamadas de sistema e a instrumentação de código binário, embora mais precisas, necessitam permissões especiais, inclusão de módulos ao *kernel* do Sistema Operacional ou alterações a estruturas de frameworks, o que pode não ser permitido ao usuário final.

4. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma revisão de técnicas e ferramentas para geração de estimativas de consumo energético em dispositivos móveis, mostrando sua importância no auxílio a programadores e usuários no sentido de promover uma melhor gestão do uso de energia em dispositivos baseados em bateria. A crítica desenvolvida sobre as abordagens apresentadas como estado da arte servirá de base para proposta de uma nova abordagem que garanta uma avaliação de consumo precisa, porém de uso facilitado, de forma a suprir a demanda de desenvolvedores e usuários. Observa-se que as abordagens apresentadas focam seus esforços na plataforma Android, haja vista ser uma plataforma aberta, que permite acesso a uma quantidade maior de recursos e com ampla documentação disponível.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE. **Android**. Disponível em: <www.android.com>. Acesso em 09 de outubro de 2013.

DONG, M.; ZHONG, L. **Self-constructive high-rate system energy modeling for battery-powered mobile systems**. MobiSys. Bethesda: [s.n.]. 2011.

JUNG, W. et al. **DevScope: A Nonintrusive and Online Power Analysis Tool for Smartphone Hardware Components**. CODES+ISSS '12. New York: ACM. 2012. p. 353-362.

MCCULLOUGH, J. et al. **Evaluating the Effectiveness of Model-based Power Characterization**. USENIX ATC. Boston: Usenix Association. 2011.

MONSOOM SOLUTIONS. **Power Monitor**. Disponível em: <<http://www.msoon.com/LabEquipment/PowerMonitor/>>. Acesso em 09 de outubro de 2013.

PATHAK, A. et al. **Fine-grained power modeling for smartphones using system call tracing**. EuroSys '11. Salzburg: ACM. 2011. p. 153-168.

PATHAK, A.; HU, Y. C.; ZHANG, M. **Where is the energy spent inside my app?: fine grained energy accounting on smartphones with Eprof**. EuroSys '12. Bern: ACM. 2012. p. 29-42.

SHEARER, F. **Power Management in Mobile Devices**. Burlington, MA, USA: Newnes - Elsevier, v. I, 2008.

YOON, C. et al. **AppScope: Application Energy Metering Framework for Android Smartphones using Kernel Activity Monitoring**. USENIX ATC. Boston: Usenix Association. 2012. p. 387-400.

ZHANG, L. et al. **Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones**. CODES+ISSS. Scottsdale: IEEE/ACM/IFIP. 2010. p. 105-114.